



Guide du sécheur de prunes

*Préparé dans le cadre du projet de développement
du petit entrepreneuriat agro-industriel dans les zones
périurbaines et rurales des régions prioritaires
avec un accent sur les femmes au Maroc*



ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL

GUIDE DU SECHEUR DE PRUNES

Préparé dans le cadre du projet de développement du petit entrepreneuriat agro-industriel dans les zones péri-urbaines et rurales des régions prioritaires avec un accent sur les femmes au Maroc

US/MOR/04/A48

par

A. OUAOUICH, Expert du développement industriel
ONUDI-Vienne-Autriche
et

H. CHIMI, Expert national du projet
Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II - Rabat - Maroc

Copyright © par l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel
Première édition 2005

Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent, de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Les opinions, chiffres et estimations qui y figurent sont ceux de l'auteur et ne doivent pas nécessairement être considérés comme étant ceux de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel ou comme impliquant son approbation. Les appellations 'pays développés' et 'pays en développement' sont employées à des fins statistiques et n'expriment pas nécessairement un jugement quant au niveau de développement de tel ou tel pays ou telle ou telle zone. La mention dans le texte de la raison sociale ou des produits d'une société n'implique aucune prise de position en leur faveur de la part de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel.

Cette publication n'a pas fait l'objet d'une mise au point rédactionnelle.

TABLE DES MATIERES

	Page
I NTRODUCTION	4
I NFORMATIONS GENERALES	5
T RAITEMENT DES PRUNES APRES RECOLTE	7
P RODUCTION DE PRUNES SECHEES	10
C ONDITIONNEMENT, EMBALLAGE ET STOCKAGE	19
H YGIENE ET QUALITE	20
G ESTION TECHNIQUE DE LA COMMERCIALISATION	26
C ONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	27

INTRODUCTION

En 2003, le prunier a occupé au Maroc une superficie de 7 419 ha avec une production de 53 921 tonnes de prunes. Les principales régions de production sont: El Hajeb (940 ha et 12 496 tonnes), Chefchaouen (1 387 ha et 11 060 tonnes), Taounate (583 ha et 2 800 tonnes), le Haouz (275 ha et 2 100 tonnes), Sidi Kacem (288 ha et 1 897 tonnes), Ifrane (153 ha et 1 320 tonnes), Sefrou (114 ha et 980 tonnes), Meknes (143 ha et 1 572 tonnes) et Ouarzazate (100 ha et 300 tonnes). Le rendement moyen est de près de 9 tonnes/ha.

Malgré cette importante production, le Maroc a importé pour l'année 2000 34 tonnes de prunes fraîches de l'Europe pour une valeur de 137 000 DH soit 4,03 DH / kg et 87 tonnes de prunes séchées à 1 187 000 DH soit 13,64 DH / kg.

Compte tenu du climat du Maroc qui est favorable aux plantations de pruniers dans de nombreuses régions et des rendements corrects déjà obtenus, une activité de production de prunes et produits dérivés à haute valeur ajoutée, est viable économiquement et techniquement. Une telle activité développée dans les campagnes marocaines à petite échelle peut s'avérer compétitive sur des niches de marché bien spécifiques. C'est le cas du séchage qui est facile à entreprendre et à la portée des entrepreneurs ruraux et particulièrement des femmes qui le pratique traditionnellement. La promotion d'une activité commerciale rentable à ce niveau nécessite :

- La multiplication d'unités de traitement à petite échelle permettant de constituer un débouché solide à la production nationale de prune et de produits à valeur ajoutée ;
- La dissémination d'un savoir-faire et d'une technologie de séchage à la portée des entrepreneurs ruraux, adaptée aux conditions socio-économiques et climatiques du Maroc ;
- La promotion de produits mettant à profit les avantages locaux (produits biologiques, produits du terroir) et tenant compte de l'évolution des habitudes des consommateurs (produits confis pour consommation directe ou utilisation rapide).

Le présent guide est destiné à donner aux entrepreneurs ruraux qui s'adonnent à l'activité d'exploitation du prunier et à la valorisation des prunes, les bases techniques pour faire de leur travail une activité commerciale rentable et prospère. Il pourra également être utilisé par les techniciens formateurs/formatrices et encadreurs pour transférer et disséminer une technologie améliorée de séchage des prunes en mesure de répondre aux exigences de qualité des marchés par des productions artisanales et semi-artisanales.

Ce guide qui a été préparé sur la base de l'expérience de l'unité pilote de Bouadel (Taounate, Maroc), est destiné à aider dans l'accomplissement des différentes étapes du séchage en couvrant toute la chaîne depuis la cueillette jusqu'au marché de manière à assurer la sécurité sanitaire et la qualité du produit et se conformer aux exigences internationales en matière de traçabilité.

Pour être complet en terme d'information, il y a lieu de se référer au guide du constructeur du séchoir hybride et au manuel BPH/HACCP et traçabilité.

INFORMATIONS GENERALES

Variétés des prunes

Il existe deux types de prunes :

- Les prunes qui sont consommées à l'état frais : Exemple les prunes japonaises variétés "Golden Japan" ou "Methley" qui sont précoces mais très peu parfumées ou les "Reines Claude" du groupe des prunus domestica, de très bonne qualité mais très fragiles lorsqu'elles sont cueillies à maturité tardive.

- Les prunes généralement destinées à la transformation, telles que les "Mirabelles et les "Quetsches", destinées à la fabrication de conserves, confitures, et eaux de vie, et les "Prunes d'Ente" ou d'Agen, et surtout la variété Stanley destinées à la fabrication des pruneaux.

Prunes d'Ente et Quetsches font partie, comme les Reines Claude, de la famille des prunus domestica, importée d'orient à l'époque des croisades, et développée en de nombreuses variétés hybrides. Ces fruits sont les seules prunes à noyaux "non adhérents".

Au Maroc, la variété Stanley est la plus dominante pour la fabrication des pruneaux. Elle est cultivée essentiellement dans les zones agricoles de Meknès et Fez. Cependant, il existe des clones de cette variété dans d'autres régions comme Meknassi et Zouitni à Taounate.

Pour tous les fruits destinés à l'industrie, les plantations sont faites avec des interlignes de 7 mètres pour permettre la récolte mécanique. L'espacement sur le rang varie de 4 à 7 mètres, selon la vigueur des porte-greffes et des variétés. Les variétés dites industrielles, Pruniers d'Ente, Mirabelliers et Quetsches sont auto-fertilisantes alors que la plupart des autres sont auto-stériles et nécessitent des plantations intercalaires de variétés de pollinisation. La production est en moyenne de 8 tonnes à l'hectare.

Fréquemment le prunier ne donne qu'une année sur deux. Ce rythme peut être réduit par la taille. Lorsque l'arbre est trop chargé de bourgeons à fleurs un éclaircissement (taille) limite la production fruitière de l'arbre et diminue les effets de l'alternance. On peut aussi diminuer cette alternance en secouant l'arbre au moment de la nouaison pour faire tomber un certain nombre de jeunes fruits.

Les fruits récoltés à bonne maturité peuvent être refroidis dès la cueillette et être conservés à la température de 4°C pendant cinq à six semaines. Les mirabelles perdent leur saveur lors du stockage au froid et ne peuvent donc être conservées qu'avec cette méthode.



Photo1 : Reines Claude



Photo 2 : Golden et Quetsches

Poids, composition moyenne des prunes, et rendement au dénoyautage

Variété	Prunes d'Ente
Poids du fruit	25 à 45g (moyen : 34g)
Poids du noyau	2,8 à 3,5g
Pulpe, peau incluse	89 à 92%
Noyau	11 à 8%

Photo 3 : Quetsches : Pulpe et peau



Caractéristiques physico-chimiques des pulpes de prunes

Composants (%)	Prunes d'Ente	Observations
Sucres	13,5 – 17,3	* Plus dérivés indoliques malique 85%, citrique 15%
Sorbitol*	0,1 – 0,3	
Acides	0,3 – 0,5	
Fibres	2,0 – 2,8	
Total glucides	15,9 – 20,9	Surtout potassium
Lipides	0,1 – 0,2	
Protides	0,5 – 0,9	
Minéraux (cendres)	0,2 – 0,4	
Eau	83,3 – 77,6	
pH	3,4 – 4,0	
Brix	15 - 25	
Vitamine C	0,005	5 mg/100g
B carotène	0,0002	200ug/100g
Autres vitamines	0,00005-0,0005	0,005-0,5 mg/100g

TRAITEMENT DES PRUNES APRES RECOLTE

Quelque soit leur destination, le traitement des prunes obéit à des pratiques qu'il faut respecter au niveau de tous les maillons importants de la chaîne de production y compris les cultures (Bonnes Pratiques Agricoles ou BPA), la récolte et la conservation des matières premières, le traitement du produit (BPF/BPH), l'emballage et le conditionnement du produit fini.

Maturité et période optimale de récolte des prunes

La maturité des prunes est un paramètre déterminant sur la qualité du fruit sec. La couleur et la fermeté du fruit étant les critères généralement employés pour déterminer la date optimale de récolte.

Précautions à prendre lors de la récolte des prunes

Les prunes destinées au séchage sont cueillies avec les précautions suivantes :



Photo 4 : Prunes mûres, prêtes à la récolte

- La récolte se fait au stade optimal de maturité.
- On récolte les fruits à la main en choisissant les fruits mûrs ; il est déconseillé de cueillir les fruits par secouage de l'arbre ou des branches car en tombant les fruits sont inévitablement meurtris et doivent être immédiatement envoyés vers une autre utilisation (confiturerie ou distillation).
- On récolte si possible par un beau temps, lorsque la rosée et l'humidité ont disparu.
- Les paniers de cueillette doivent être doublés intérieurement avec une toile qui amortit les heurts.

Les fruits récoltés à bonne maturité, autres que mirabelles qui perdent leur saveur lors du stockage au froid, peuvent être refroidis dès la cueillette et être conservés à la température de 4°C pendant cinq à six semaines.

Le rendement et la main-d'œuvre appliquée pour la récolte

Les rendements sont très variables et se situent entre 8 et 9 tonnes/ha. L'échelonnement de la maturité des fruits peut s'étendre sur plusieurs semaines et va nécessiter un passage tous les deux jours et par conséquent une main-d'œuvre très importante car il n'y a pas une, mais parfois cinquante, voire cent récoltes successives !

On calcule le rendement horaire moyen d'une adhérente à un ramassage d'environ 7 à 10 kilos maximums.

Indices de maturation	Observations
La coloration	Généralement la cueillette est réalisée en déterminant les changements de couleurs de la peau.
La fermeté	La fermeté peut être aussi utilisée comme indice de maturité de certaines variétés. La mesure de la fermeté est conseillée pour les variétés dont la peau est de couleur sombre pour le cas des prunes. On considère que lorsqu'on mesure 10 Newtons de fermeté à l'aide d'un pénétromètre (8 mm), les prunes sont alors mûres.
Coloration des pépins	Aux approches de la maturité des prunes, les pépins brunissent.
Mesure des sucres	Pour les prunes de séchage, les taux de sucres totaux doivent atteindre 25 à 35% à la récolte. Ce taux de sucre est mesuré à l'aide d'un réfractomètre.
Mesure de l'acidité	La détermination de l'acidité du jus de fruit permet de donner une indication sur la maturité.
Mesure de l'amidon	L'amidon contenu dans un fruit est transformé en sucre au cours de la maturation. On considère que la date de récolte correspond à la disparition de l'amidon du fruit.

Le transport des prunes

Les prunes sont très fragiles et nécessitent une manipulation extrêmement délicate. Le matériel de récolte (caisses, seaux, etc.) doivent être soumis régulièrement à un nettoyage et désinfection. Les fruits seront disposés sur un seul ou deux rangs dans leur emballage et transportés à l'unité.

Le matériel utilisé pour le transport des fruits frais doit être d'une matière et d'une conception permettant un nettoyage et entretien faciles (par exemple caisses aérées en plastique) pour ne pas constituer un foyer de quelque contamination que ce soit.

La conservation des prunes

La durée des prunes après la récolte varie selon la variété et surtout selon la gestion de la température et du degré de maturité au moment de la récolte. Après la récolte, le fruit évolue très vite. Les fruits récoltés à bonne maturité peuvent être refroidis dès la cueillette et être conservés à la température de 4°C pendant cinq à six semaines. A température ambiante, il ne peut rester en place plus de deux à trois jours et nécessite un tri régulier.

Par conséquent la température de conservation est le paramètre essentiel à contrôler si l'on veut maintenir un état sanitaire satisfaisant. De préférence de les sécher directement après la récolte afin de préserver leur qualité.

PRODUCTION DES PRUNES SECHEES

La qualité recouvre les notions de qualité intrinsèque (teneur en ingrédients ou composants recherchés se trouvant dans la matière première avant sa transformation), d'innocuité du produit (résidus de pesticides, contamination par les microbes et parasites, etc.) et de qualité de présentation commerciale (forme, couleur, intégrité du produit, conditionnement, etc.).

Les matières premières destinées à la déshydratation des fruits sont toujours soumises à une préparation en vue des traitements ultérieurs. Cette préparation comprend les opérations de nettoyage, triage, calibrage, etc. En outre ces fruits peuvent subir des pré-traitements. Ces opérations de préparations varient selon la nature de la matière première et le produit que l'on veut obtenir ; l'ordre dans lequel elles interviennent varie également. Seules les principales d'entre elles sont mentionnées ci-après.

Le séchage des prunes se fait selon deux procédés, le "traditionnel" ne faisant appel qu'au séchage, et le "moderne" utilisant l'osmose inverse avant séchage final, en vue d'éliminer une partie de l'eau tout en enrichissant le fruit en sucre.

Diagramme de préparation des prunes

Pesage
Triage (Prunes avariées et non mûres rejetées et prunes saines et mûres retenues)
Calibrage (Prunes de trop petit calibre rejetées et prunes saines, mûres et de diamètre convenable retenues)
Lavage (Lavage effectué en utilisant de l'eau potable)
Méthode 1 : Blanchiment dans Na OH (40g/l) Méthode 2 : Déshydratation par osmose (sucre à 60%)
Rinçage (Pour les prunes traitées par la méthode 1)
Egouttage
Séchage (Le séchage doit être régulier et maîtrisable : température recherchée 65 degrés)
Pruneaux à 30-33% d'humidité
Conditionnement et emballage

La réception

A la réception les prunes doivent être pesées. Afin de s'assurer de la qualité des fruits réceptionnés on procédera à l'identification des variétés. Le pourcentage de la matière étrangère et des fruits abîmés et contaminés donne une idée sur l'état sanitaire de la matière première. Une matière première riche en impuretés et en fruits abîmés et contaminés doit être refusée.



Photo 5 : Pesée des prunes à la réception

Après la réception de la marchandise, on notera dans un cahier le numéro du lot, le nom de la cliente, la date de réception, la vérification des bulletins d'analyse (si c'est possible) et le prix.

Le triage

Le triage vise à avoir des fruits homogènes du point de vue maturité et état sanitaire. Ce choix se fait aussi bien sur les arbres qu'après récolte. Un triage manuel permet de supprimer tous les fruits impropres à la consommation, peu mûrs, abîmés, etc.

Si la grosseur n'est généralement pas liée à la qualité gustative, elle est néanmoins souvent exigée par les usages et exigences du commerce et contribue essentiellement à une bonne homogénéité du produit et donc à une meilleure présentation. Une certaine uniformité de taille s'est révélée utile, voire indispensable, pour un traitement efficace par séchage. Le triage par grosseur est souvent imposé par des normes réglementaires.



Photo 6 : Triage des prunes

Le triage d'après la couleur qui est d'ailleurs un important indice de maturité est effectué en général à l'œil nu, le plus souvent en même temps que l'inspection visant à éliminer des matières étrangères et les fruits en mauvais état. En outre, certaines teintes sont des signes d'altération ou tout simplement ne sont pas désirées par le consommateur. Les fruits non conformes sont utilisés pour la fabrication de confiture, de produits confis, de jus, vinaigre, etc.

Le calibrage

Il consiste à obtenir des fruits de même calibre (même volume, même densité) pour leur assurer un comportement uniforme durant le processus de séchage et de combiner la qualité du produit fini et une homogénéité dans sa présentation. Les fruits de petit calibre sont triés et valorisés en produits dérivés comme la confiture. A partir d'un lot d'une même variété on classe les fruits en différents calibres ou grosseur sur la base du diamètre équatorial ou volume. Chaque classe nous donne le nombre de fruits par kg. On peut, de ce fait, calculer le pourcentage de chaque calibre par rapport au lot tout entier. Ce calibrage peut se faire à la main ou à l'aide d'un calibre industriel.

On distingue les calibres suivants :

Géant :	au maximum 40 fruits aux 500g
Très gros :	au maximum 50 fruits aux 500g
Gros :	au maximum 66 fruits aux 500g
Moyen :	au maximum 88 fruits aux 500g
Petit :	au maximum 121 fruits aux 500g

Nettoyage et lavage

Avant le processus de séchage, la matière première est soumise à un nettoyage (lavage) dont l'objectif est de débarrasser le produit des fruits contaminés et de toute matière étrangère. Cette étape facilite la conduite de séchage en augmentant sa vitesse, en exploitant dans des meilleures conditions la capacité du séchoir et en gardant la forme entière du fruit.



Photo 7 : Nettoyage et lavage

Le traitement

Le procédé industriel traditionnel : Séchage direct et réhydratation

La prune triée et lavée est séchée directement au soleil permettant de ramener l'humidité de 75 à 40%. Pour atteindre 22% d'humidité les prunes sont mises dans un four à une température égale ou supérieure à 80°C, ce qui provoque une légère caramélisation sous la peau et donne un aspect brillant au pruneau. On obtient ainsi un pruneau biologiquement stable. L'épiderme est souple mais résistant et non poisseux au toucher. Il est souvent commercialisé en l'état. Ainsi la pulpe d'une prune contenant autour de 17% de sucre doit être concentrée 3,5 fois pour obtenir un produit stable à 60% de sucres.

On a alors la composition suivante :

Sucres	60,0%
Autres oses	1,0%
Acides	1,7%
Fibres	9,7%
Lipides	0,7%
Protides	3,1%
Cendres	1,4%
Eau	22,8%

Cependant, certains consommateurs recherchent un pruneau très souple donc très humide. Pour obtenir un tel produit le pruneau est soumis à un trempage dans un bain à la température de 70 à 90°C remettant l'humidité à 30%. A un tel niveau d'humidité, les pruneaux risquent d'être affectés par les moisissures qui se développeront grâce à l'humidité de surface. Afin d'éviter cela, un antiseptique/conservateur autorisé (acide sorbique ou sorbate de potassium par exemple) peut être ajouté dans le bain et le conditionnement très rapidement fait en emballage aseptique. Durant la réhydratation le Brix de la solution ne doit pas dépasser 4% et l'humidité doit être de 30 à 33%. Dans ce procédé les prunes sont blanchies avant séchage.

Le blanchiment consiste à traiter les prunes à la solution de soude pour leur enlever la couche de cire et provoquer des fissurations de la peau dans le but de faciliter le séchage. La concentration à utiliser dépend de la variété, la température de la solution et la durée du trempage. On préconise une solution de soude à concentration de 40g de soude en pastille/l. Les paniers de prunes sont plongés 2 à 3 fois pendant 12 à 15 secondes et rincés par la suite à l'eau potable pendant 10 à 15 secondes après l'ébouillantage.



Photo 8 : Blanchiment

Le procédé moderne: Osmose inverse, séchage et réhydratation

Cette méthode est employée depuis des siècles dans le confisage ou le saumurage. Le semi-confisage est largement utilisé pour la conservation des fruits. Cette technique consiste à placer les prunes fraîches dans une solution hypertonique de sucre (par exemple 60 kg de sucre par 40 kg d'eau environ dans un fût) pendant 12 à 18 heures avant de les sécher. Cela permet d'associer un confisage partiel avec un séchage final à l'air chaud. Il est aussi possible de moins confire le fruit et d'avoir, après égouttage, un séchage complémentaire.

La peau du fruit jouant le rôle d'une membrane perméable, on peut par immersion du fruit dans un sirop à fort pourcentage de sucre faire sortir l'eau du fruit et y faire entrer du sucre, jusqu'à obtenir un équilibre des pressions osmotiques respectives

des corps solubles de part et d'autre de la membrane. Le fruit, étant moins dense que le sirop, a tendance à flotter et il faut l'enfermer dans un panier perforé et fermé en acier inoxydable pour qu'il reste immergé dans la cuve de sirop.

Ce procédé est financièrement intéressant, car avec des prunes contenant 17,3% de sucres, il est possible d'obtenir, après trempage dans un sirop de glucose concentré et acidulé, le pruneau commercial suivant :

<i>Sucres du fruit</i>	<i>34,6%</i>
<i>Sucre absorbé</i>	<i>24,3%</i>
<i>Sorbitol, et autres oses</i>	<i>0,6%</i>
<i>Acides</i>	<i>1,0%</i>
<i>Fibres</i>	<i>5,6%</i>
<i>Lipides</i>	<i>0,3%</i>
<i>Protides</i>	<i>1,6%</i>
<i>Cendres</i>	<i>0,7%</i>
<i>Eau résiduelle</i>	<i>31,3%</i>

Avec 2 kg de prunes, il a été possible d'obtenir 1 kg de pruneaux commercialisables. Certes la teneur en glucides totaux (hors cellulose) de 60,5 % permet de considérer ce produit comme stable, mais, contenant plus de 30% d'eau, il y a lieu d'appertiser ces pruneaux, comme nous l'avons vu précédemment. Le sirop a par contre perdu du sucre et a absorbé 44,3 kg d'eau pour cent kg de fruits. Il faut donc concentrer le sirop sous vide pour l'utiliser à nouveau.

Un troisième phénomène concerne la migration des solutés naturels de la prune vers la solution hypertonique de sucre tels que les acides organiques, les sels minéraux, etc. Quoique quantitativement négligeable, ce transfert peut avoir un effet considérable sur la qualité organoleptique et nutritionnelle des pruneaux : perte de vitamines, de minéraux, des substances aromatiques, etc.

Comme elle peut être menée à température ambiante ou de degré légèrement supérieur, on note que l'incorporation du sucre dans la prune contribue à l'amélioration de la qualité aussi bien nutritionnelle qu'organoleptique du produit final.

[Le séchage proprement dit](#)

Les prunes sont récoltées avec un taux d'humidité très élevé, propice aux dégradations diverses ce qui rend les produits très périssables. En conséquence, faute de moyen de conservation, les pertes peuvent être très élevées. Par ailleurs, l'approvisionnement du marché et les prix varient au grès des saisons de production. Le séchage constitue un des moyens de conservation efficace en mesure de :

- Réduire l'humidité des produits, ce qui permet un long stockage sans pertes en qualité et en quantité ;
- Prolonger la durée du stockage ;
- Valoriser des produits alimentaires en produits séchés stables qui peuvent trouver des débouchés dans le marché national et international.

Le séchage solaire des prunes est le plus pratiqué. Dans le séchage traditionnel, les prunes sont étalées sous le soleil, à même le sol, sur une natte ou sur une bâche exposant les produits à la poussière, aux mouches et aux souillures et contaminations nombreuses et variées.

En outre cette méthode qui ne coûte pratiquement rien ne permet aucun contrôle sur les paramètres de séchage et allonge la période de séchage. En conséquence la qualité du produit est très mauvaise sur les plans hygiénique et nutritif. Cette méthode est donc déconseillée pour des raisons économiques et surtout de santé publique (les produits ainsi obtenus constituent un réel danger à la santé du consommateur).



Photos 9+10 : Séchage rural traditionnel

Les techniques admises utilisent de vrais séchoirs à enceinte fermée permettant d'optimiser l'énergie, de contrôler les paramètres de séchage et d'assurer au produit les normes d'innocuité et de qualité, requises.

Les deux types de séchoir solaire courants utilisent généralement soit la convection naturelle ou la convection forcée. Le premier emploie la convection naturelle pour la circulation de l'air chaud. Le collecteur solaire est soit combiné avec la chambre du séchage soit séparé. Dans le second à convection forcée, le courant d'air est habituellement propulsé dans la chambre de séchage par un ventilateur, et le collecteur solaire et la chambre du séchage sont séparés (collecteur généralement placé sur le toit).

[Le séchoir](#)

Pour le séchage des prunes à petite échelle et en zones rurales au Maroc le choix a porté sur le séchoir hybride développé par l'ONUDI et l'Université d'Agriculture et des Forêts de Vienne (Autriche).

Le séchoir hybride utilise principalement l'énergie solaire indirecte et une source d'appoint utilisant le gaz ou le diesel qui est mise en service la nuit et en temps faiblement ensoleillé.

L'énergie solaire est cueillie par des collecteurs installés sur le toit et acheminée vers la chambre de séchage et répartie dans les compartiments de l'enceinte du séchoir par des tubes souples en polyéthylène. Un système de ventilation alimenté par des cellules solaires permet de propulser l'air chaud dans les différentes parties du séchoir. La source d'énergie d'appoint est constituée par un moteur muni d'un

brûleur marchant au gaz ou au diesel et qui se déclenche automatiquement dès que la température descend au-delà du minimum requis pour éviter la réhydratation des produits. Le séchoir solaire type hybride possède plusieurs avantages dont les plus importants sont:

- Le produit est séché indirectement avec de l'air ventilé ce qui évite la dégradation de ses ingrédients sensibles aux photons
- Très bonne qualité finale du produit séché
- Le séchoir utilise l'énergie de soleil le jour et du fuel la nuit ce qui évite la réhydratation du produit la nuit
- Faible coût d'installation
- Tous les matériaux utilisés dans sa construction (polyéthylène, ventilateurs etc.) peuvent être achetés au Maroc
- Facilité de construction.
- Coût d'investissement abordable aux MPMEs.



Photo 11 : Montage des panneaux solaires



Photo 12 : Entretien des panneaux



Photo 13 : Cellules photovoltaïques



Photo 14 : Source d'énergie d'appoint : Diesel

Technique de séchage

Chargement du séchoir

Directement après les opérations de réception, triage, nettoyage, lavage, calibrage, traitement, égouttage, etc., on répartit le produit de façon égale sur les claies, on les place dans le séchoir et on ferme le séchoir.



Photo 15 : Disposition des fruits dans les claies



Photo 16 : Mises des claies dans le séchoir

Démarrage du séchage

Le processus de séchage est commencé. On règle la température à l'intérieur du séchoir. Cette dernière dépend du type de produit à sécher. La température maximale admissible ne doit pas dépasser 65°C. La température est réglée en modifiant la vitesse de rotation du ventilateur par l'intermédiaire de la tension. La tension d'alimentation est réglée par un thermostat avec un détecteur de température et un transformateur.

NB : On ne doit pas dépasser la température maximale de séchage pour ne pas endommager le produit. Si l'on atteint cette valeur critique à l'entrée du séchoir dans les mois de juillet et août, on doit couvrir le collecteur partiellement, pendant quelques heures, avec une bâche.

Déchargement du séchoir

Si lors d'une pression sur le produit entre indexe et pousse, l'eau ne sort plus, on peut sortir le produit final du séchoir. La durée de séchage dépend du type de produit à sécher. En effet, lors du séchage, chaque produit a un comportement différent. On peut classer les fruits, des figes et des prunes étudiés, suivant leur comportement au séchage.



Photo 17 : Déchargement du séchoir

Contrôle des paramètres de séchage

La température de l'air est déterminée à l'aide d'un thermocouple relié à un multimètre à affichage digital.

L'humidité relative à une température donnée est le degré de saturation de l'air en vapeur d'eau. Elle est déterminée par une sonde hygrométrique couplée au multimètre à affichage digital.

CONDITIONNEMENT, EMBALLAGE ET STOCKAGE



Photo 18 : Scellage des sacs

On choisit une certaine quantité de produit séché et on effectue la pesée avant de la mettre dans un emballage approprié. La détérioration de la couleur, de la flaveur et de la texture est possible aussi bien avant ou au cours du séchage qu'au cours du stockage. Donc un conditionnement s'impose.

Les produits séchés sont triés selon l'humidité (on élimine les fruits grillés et trop hydratés), la dimension et la couleur pour avoir un ensemble de fruits de bonne qualité et homogènes.

Les produits secs sont conditionnés dans pellicules cellulosiques (cellophane), des sachets polyéthylène ou polyvinyle (protègent bien leurs qualités organoleptiques, mais coûtent cher) ou des emballages en papier et carton (ont l'inconvénient majeur d'être perméabilité à l'humidité). Le carton est souvent utilisé pour l'emballage des sacs.

Le conditionnement et l'emballage permettent de :

- Préserver aux fruits leur couleur et arômes (en empêchant la décoloration des pigments, l'oxydation des vitamines, le rancissement des lipides).
- Les conserver à l'abri de l'humidité (pour inhiber la prolifération microbienne et l'évolution des sucres) et protéger les produits de toute contamination extérieure.
- De ralentir au maximum les réactions de détérioration du produit à condition, bien entendu, que l'on ait utilisé un emballage approprié permettant de maintenir le bas niveau de l'activité de l'eau atteint à la fin de séchage et la température maintenue intérieure à environ 25°C.



Photo 19 : Produit conditionné

La fermeture des sacs en plastique est réalisée par une thermo-soudeuse ou tout simplement à l'aide d'une ficelle ou d'un ruban adhésif.

HYGIENE ET QUALITE

Application des BPH (Bonnes Pratiques d 'Hygiène)

Les règles d'hygiène sont précisées dans le Manuel BPH (Bonnes Pratiques d 'Hygiène) maintenu au niveau de l'unité de séchage et qui couvre :

L'hygiène des locaux de séchage et matériel

L'hygiène, et l'entretien des locaux et du matériel dans un bon état de propreté, sont indispensables au fonctionnement correct d'une unité de séchage des figues et des prunes. Des locaux spéciaux doivent être à la disposition du personnel : vestiaires avec casiers individuels pour les vêtements ; toilettes munies de papier hygiénique ; lavabos avec savon (liquide ou en poudre, de préférence) et essuie-mains. Un plan de nettoyage et de désinfection régulière des locaux, doit être appliqué.

L'hygiène du personnel

Le personnel doit porter des vêtements de travail (blouses ou combinaisons), entretenus propres et se laver les mains au sortir des toilettes avant de regagner le poste de travail. Le tabac doit être interdit et des distributeurs d'eau potable doivent être mis à la disposition des ouvriers.

Hygiène de l'eau

L'unité doit être approvisionnée en eau de bonne qualité (eau potable) et en quantité suffisante. Dans l'unité de transformation l'eau est utilisée à diverses fins : lavage, triage, nettoyage du local et des appareils, protection contre le feu, etc. Pour être considérée comme potable, une eau doit répondre aux exigences prévues dans la réglementation mise en vigueur. Conformément à ces textes une eau potable doit satisfaire à des normes visant à la fois des caractères physiques, microbiologiques et chimiques énumérés ci-dessous.

Il est indiqué également que l'eau ne doit présenter ni odeur ni saveur désagréable, ce qui n'est malheureusement pas toujours le cas pour les eaux de distribution.

Lorsqu'il n'est pas fait appel à de l'eau de distribution publique, l'eau utilisée doit soit satisfaire naturellement aux normes bactériologiques ci-dessous, soit être traitée par un procédé approuvé, à moins qu'elle ne subisse au cours des opérations une stérilisation de quelque nature que ce soit.

- Caractères physiques : Des limites sont fixées pour la turbidité, pour le pouvoir colmatant et pour la coloration.
- Caractères microbiologiques : L'eau doit être exempte d'organismes *parasites ou pathogènes* et ne pas contenir *d'Escherichia coli* dans 100 ml; de *streptocoques fécaux* dans 50 ml ; de *clostridium sulfito-réducteurs* dans 20 ml.

- Caractères chimiques:

Produits	Teneurs limites
Minéralisation totale	2000 mg/L
Plomb (en Pb)	0,5 mg/L
Sélénium (en Se)	0,05 mg/L
Fluorures (en F)	1,0 mg/L
Chrome hexavalent et Cyanures	Doses inférieures au seuil de détection analytique
Cuivre (en Cu)	1,0 mg/L
Fer (en Fe)	0,3 mg/L
Manganèse (en Mn)	0,1 mg/L
Zinc (en Zn)	5,0 mg/L
Composés phénoliques (en phénol)	Absent

Gestion des rejets et assainissement

L'unité de séchage doit disposer de systèmes convenables pour l'évacuation rapide et totale des divers rejets (eaux résiduaires, déchets solides qui attirent insectes et rongeurs, effluents humains, etc.).

Lutte contre les insectes et ravageurs

Les locaux où les fruits sont entreposés ou travaillés doivent être conçus et aménagés de manière à éviter que des animaux, insectes et rongeurs plus spécialement, puissent y pénétrer ; cela relève avant tout de la construction du local et de l'entretien général. Il va de soi qu'aucun animal domestique ne doit être toléré dans une fabrique des fruits séchés. Il est parfois nécessaire de détruire des insectes ou des rongeurs qui se trouvent à l'intérieur de l'unité.

Contre les insectes on peut employer, lorsque toute fabrication est arrêtée, la fumigation au moyen de gaz toxiques divers ou des insecticides à action rapide. Ces traitements doivent être suivis d'une aération ou d'un lavage adéquat, pour éviter tout risque de contaminer les fruits.

Pour se débarrasser des rongeurs on utilise des pièges plutôt que des poisons, car ces derniers sont dangereux également pour les opérateurs et opératrices. La destruction des insectes et des rongeurs doit être confiée à des spécialistes compétents.

Ces règles sont précisées dans le < Règlement sanitaire du travail au Maroc >. Plus généralement, l'unité doit disposer :

- d'eau de bonne qualité et en quantité suffisante ;

- de systèmes convenables pour l'évacuation rapide et totale des divers rejets : eaux résiduaires, déchets solides (qui attirent insectes et rongeurs), effluents humains.

Les prunes sont soumis à un ou plusieurs lavages lors de leur transformation; quant aux caractères que doit présenter l'eau utilisée aux divers lavages, ils sont indiqués plus loin.

Il faut veiller aussi à éviter la prolifération de microorganismes, tant dans les matières premières des fruits, au cours de leur transformation et dans les produits séchés.

La lutte contre les insectes, les rongeurs et les micro-organismes, est assurée à travers des mesures préventives.

Le personnel doit être informé et formé et s'engager dans l'application de programmes de lutte tel que prescrit dans le manuel BPF/BPH.

Des contrôles et des vérifications régulières dûment annotées permettent de mesurer l'efficacité des mesures et d'entreprendre, le cas échéant, les mesures correctives requises.



Photo 20 : Formation

[Gestion de la qualité des produits séchés](#)

L'application d'un plan de gestion de la sécurité sanitaire et de la qualité des produits permet de prévenir les contaminations et de préserver la qualité des produits. Le plan qualité est supporté par différents contrôles.

Contrôle de l'humidité finale du fruit séché

L'humidité finale est déterminée de la même manière que l'humidité initiale par étuvage à $103 \pm 5^\circ\text{C}$, jusqu'à poids constant. Un appareil de mesure de l'activité d'eau permet ce contrôle régulier au cours du séchage.

Analyses de laboratoire

Les analyses pour les figes séchées doivent concerner les bactéries (coliformes totaux et fécaux ainsi que les pathogènes), les moisissures et les champignons ainsi que leurs toxines libérées, en particulier les mycotoxines (exemple : les aflatoxines). L'analyse des mycotoxines sous lampe UV permet de détecter certaines toxines comme les aflatoxines. De même, outre un contrôle des plantations, les produits séchés doivent subir un contrôle de résidus de pesticides et des métaux lourds. Les

analyses sont effectuées par chromatographie (CPG et HLPC) et spectrophotométrie (SAA).

Les propriétés organoleptiques

La valeur intrinsèque des matières n'est que l'un des éléments de la qualité du produit. En effet divers réactions et traitements technologiques auxquels sont soumis les fruits peuvent affiner ou non la qualité du produit fini. On s'aperçoit alors que l'analyse sensorielle doit compléter les déterminations analytiques rendues possibles au fur et à mesure du développement de l'analyse chimique ou physique et qu'elle demeure un élément prépondérant.

L'homme, comme « appareil de mesure », doit connaître les différentes stimulations qu'il va ressentir pendant la dégustation. Ces propriétés organoleptiques à évaluer peuvent concerner l'aspect, la couleur, la texture, l'arôme, la saveur, etc. La formation et l'apprentissage pratique sont indispensables pour réaliser une évaluation correcte. Les facteurs pouvant influencer les mesures sont comme suit:

- La température et l'hygrométrie : Considérons que 20°C et 70% d'humidité représentent des valeurs optimales
- Le bruit, la luminosité, la turbulence et des odeurs étrangères
- , Le bruit diminue d'une façon générale les performances sensorielles et les impressions de persistance
- Concernant l'éclairage, la lumière du jour est recommandée
- Le milieu doit être dépourvu de toute odeur pouvant fausser le test
- Aucun courant d'air ne doit être enregistré lors du test
- L'alimentation : elle peut modifier les perceptions gustatives.

Ces modifications dépendent du changement de composition de la salive. Le dégustateur doit se rincer la bouche entre chaque dégustation avec de l'eau distillée pour la neutraliser. Notons aussi que les meilleurs délais de dégustation se situent vers 10h du matin et vers 16h.

Instruction relative au jury de dégustation

Date et heure

N° de l'essai

Nom du dégustateur

La technique de dégustation utilisée est celle qui consiste à classer les échantillons soit par rapport à un produit standard (de référence) soit par rapport à eux-mêmes. Généralement ce dernier cas est utilisé.

Pour évaluer la qualité organoleptique de chaque échantillon on doit utiliser les critères suivants : L'aspect général, la couleur, la texture, et le goût des fruits séchés.

On doit donner à chaque critère 4 niveaux d'appréciation(A,B,C,D). Le dégustateur donne, pour chaque critère, une seule note. L'échantillon étant jugé, le dégustateur

choisit la note qu'il préfère pour chaque critère. Il met une croix devant l'attribut qui lui semble le plus approprié.

Dans la colonne « préférence », il indique la couleur, la texture et le goût qui lui semble pouvoir produire la meilleure qualité pour ce produit.

Dans la partie « remarques », il indique toute autre impression sur les quatre critères.

Organisation du test

On convoque d'avance un groupe restreint du panel formant le jury de dégustation. Il doit être informé sur le type de questions posées et le but recherché de cette dégustation. Chaque membre doit évaluer les critères dans l'ensemble du lot de l'échantillon. Il est demandé aux membres du panel de rincer la bouche à l'eau distillée entre deux dégustations. Le jour suivant, le même jury doit juger la qualité des fruits du même lot de l'échantillon restant.

Les résultats de l'analyse sensorielle doivent être traités statistiquement.

i) Aspect général de la prune

Très attrayant	Très humide	Remarques	Préférence
Attrayant	Humide		
Indifférent	Sec		
Repoussant	Très sec		

ii) Texture de la prune

Molle	Remarques	Préférence
Gommeuse		
Dure		
Très dure		

iii) Couleur de la prune

Très noire	Très brillant	Très translucide	Remarques	Préférence
Noire	Brillant	Translucide		
Foncée	Peu brillant	Peu translucide		
Très foncée	Non brillant	Non translucide		

iv) *Goût de la prune*

Très sucré	Très acide	Très amer	Très aromatique	Remarques	Préférence
Sucré	Acide	Amer	Aromatique		
Peu sucré	Peu acide	Peu amer	Peu aromatique		
Non sucré	Non acide	Non amer	Non aromatique		

GESTION TECHNIQUE DE LA COMMERCIALISATION

La mise en vente du produit obéit à certaines règles et conditions :

Le conditionnement du produit

Les fruits séchés étant hygroscopiques, on doit les laisser refroidir au moins un jour pour avoir une homogénéité de l'humidité et éviter la condensation de la vapeur sur les parois des sachets en plastique. Ces derniers sont ensuite mis ensachés et emballés.

L'étiquetage du produit

L'emballage du produit séché doit porter les mentions suivantes :

- Le nom commercial du produit
- La dénomination du produit
- Le poids net
- Le nom de l'unité de séchage (société, coopérative ou association)
- L'adresse de l'unité de production
- La date limite de validité (ou de consommation)
- La marque et la composition s'il y a lieu.

La présentation

L'emballage doit être attractif pour le consommateur aussi bien dans sa forme que ses couleurs.



Photo 21 : Emballage pour expédition



Photo 22 : Vente directe au détail

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Conclusions

Pour obtenir des fruits séchés de meilleure qualité, on doit récolter les fruits à leur maturité complète et on applique des pré-traitements qui, en plus, accélèrent le séchage, améliorent la qualité organoleptique du fruit séché et prolongent la durée de conservation, et enfin, on procède à un emballage approprié.

L'application des BPH (Bonnes Pratiques d'Hygiène) et du HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points) permet de répondre aux exigences des marchés en terme de qualité sanitaire et de traçabilité.

Recommandations

- Travailler dans la propreté
- Identifier et analyser les problèmes et risques avant qu'ils ne se produisent
- Planifier et prendre des actions préventives afin de les éviter
- Se former et constamment s'informer
- Chercher le conseil des experts
- Apprendre à être à l'écoute de tous ceux qui sont en relation avec vos activités, notamment les clients
- Miser tout sur la qualité et mieux vaut perdre un marché plutôt que de réussir à vendre un produit de mauvaise qualité.